УДК 552.513:553.982.551.763.1(571.16)

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПУСТОТНО-ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА В НИЖНЕМЕЛОВЫХ ПЕСЧАНИКАХ ГУРАРИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Т.Г. Перевертайло, А.В. Ежова, Н.М. Недоливко, Е.Д. Полумогина

Томский политехнический университет
E-mail: ezovaav@ngf.tomsk.ru

Проведен микроскопический анализ нижнемеловых песчаных пластов $Б_{14}$, $Б_{13}$, $Б_{12}$, $Б_{11}$. Выявлен гранулометрический состав пород, описан минералогический состав породообразующей части, типы и виды цементации, изучено строение пустотно-порового пространства. Сделан вывод, что формирование песчаников происходило в мелководно-морском бассейне при активной волновой деятельности. Активизация гидродинамики и усиление поступления обломочного материала соответствуют образованию комплекса пластов $Б_{12}$, которые характеризуются наилучшими емкостно-фильтрационными свойствами.

Введение

В Томской области нефтеносность неокома доказана открытием ряда залежей углеводородов (УВ). В последние годы активно ведется изучение и разработка месторождений, приуроченных к куполовидным структурам III порядка, осложняющих Соболиный вал, расположенный в прогибе между Парабельским и Пудинским мегавалами – в южной части Усть-Тымской впадины.

Объектом исследований является Гураринское нефтяное месторождение (Каргасокский район, Томская область), открытое в пределах Среднесоболиного локального поднятия, выявленного сейсморазведочными работами МОГТ в 1991 г. Скважина первооткрывательница №181Р, пробуренная в 1997 г. в сводовой части южного купола описываемой структуры дала промышленные притоки нефти из 5 пластов $Б_{13}$, $Б_{12}$, $Б_{11}$, $Б_{10}$ и $Б_9$ куломзинской свиты дебитом до 162 $м^3$/сут (штуцер 8 мм). К настоящему времени на месторождении пробурено 19 скважин (5 поисковых – №№ 172Р, 173Р, 175Р, 181Р, 182Р; и 14 эксплуатационных №№ 9, 10, 13–24). Всего в нижнемеловых отложениях выявлено 7 промышленных залежей $Б_{14}^1$, $Б_{13}$, $Б_{12}^2$, $Б_{12}^1$, $Б_{11}^2$, $Б_{11}^1$, $Б_{10}$ и $Б_9$. Максимальный суточный дебит нефти 584,19 т/сут получен из пласта $Б_{12}^2$ скважины 21, а наибольшая суммарная добыча составила 143,245 тыс. т нефти по скважине 16 (залежь пласта $Б_{12}^1$).

С целью детального изучения коллекторских свойств нижнемеловых песчаников продуктивных пластов авторами был проведен литолого-петрографический анализ пород в шлифах. Материалом для исследования послужили образцы, отобранные по скважинам 181, 182 и 13 Гураринского нефтяного месторождения. Для изучения особенностей пустотно-порового пространства образцы были предварительно под давлением пропитаны окрашенной смолой, а затем из них изготавливались шлифы, общее количество которых составило 40 штук. На изучаемой площади такая работа проводится впервые.

Выделение границ, разделение на пачки и индексация пластов приводятся по данным лаборатории подсчета запасов УВ ОАО "ТомскНИПИнефть ВНК". Результаты литолого-петрографических исследований сопоставлялись с данными лаборатории физики пласта ОАО "ТомскНИПИнефть ВНК". Микроскопический анализ песчано-алевритовых пород проводился интеграционным способом по методике О.А. Черникова [1]. Структура изверженных пород, петрографические особенности и характер вторичных изменений определялись по специальной литературе [2–6].

1. Гранулометрический состав

В скважине 13 Гураринского месторождения были изучены шлифы из образцов пород, отобранных из песчаных пластов $Б_{14}$, $Б_{13}$, $Б_{12}^3$, $Б_{12}^2$; в скважине 181 – из пластов $Б_{12}^2$, $Б_{12}^1$, $Б_{11}^2$, $Б_{13}$; а в скважине 182 – из пластов $Б_{13}$, $Б_{12}^2$, $Б_{12}^1$. Согласно полевому описанию, разрез представлен чередованием преимущественно серых мелкозернистых песчаников, с признаками УВ, алевролитов и глинистых пород.

Пласт $Б_{14}$ изучен только в скважине 13 и, согласно микроскопическим исследованиям, представлен мелкозернистыми и средне-мелкозернистыми разностями с увеличением размеров обломков снизу вверх. Это отражается и в синхронном изменении максимальных (от 0,25 до 0,47 мм) и средних (от 0,11 мм до 0,19 мм) диаметров зерен, а также в распределении по разрезу содержания песчаной фракции. Обломочный материал распределен неравномерно (коэффициент сортировки – от 2,1 до 2,5), встречаются участки, где наряду с крупными зернами присутствуют и очень мелкие.

Пласт $Б_{13}$ имеет аналогичный гранулометрический состав, но существенная часть обломков принадлежит мелкозернистой размерности. В целом песчаники характеризуется не очень высокими значениями медианных (до 0,23 мм в скважине 182) и максимальных диаметров обломков и хорошей и средней отсортированностью.

Вышележащие пласты $Б_{12}^3$, $Б_{12}^2$ и $Б_{12}^1$ сложены преимущественно среднезернистыми песчаниками. Наибольшие медианные (0,27 мм в скважине 182) и максимальные диаметры (0,95 в скважине 13), наилучшая сортировка (So=1,8) и окатанность зерен соответствует песчаникам пласта $Б_{12}^2$.

Таким образом, увеличение размеров зерен и улучшение сортировки обломочного материала наблюдается снизу вверх, как в пределах отдельных пластов, так и в целом по разрезу. А общая направленность изменения этих параметров и конфигурации кривых самопроизвольной поляризации (ПС) соответствуют регрессивному циклу осадконакопления.

2. Минералогический состав

Минералогический состав породообразующей части довольно постоянен. Песчаники преимущественно кварц-полевошпатовые граувакковые с равным количеством кварца и обломков пород (25...30 %) и преобладанием полевых шпатов (до 40 %). Наблюдаются незначительные вариации в процентном содержании отдельных компонентов, имеющих, скорее, минералогический интерес и не влияющих на формирование пустотно-порового пространства.

Кварц наблюдается в виде зерен разнообразной формы, края которых иногда сильно растворены. Погасание прямое, реже волнистое или мозаичное. Встречаются интенсивно трещиноватые катаклазированные зерна, изредка трещинки в них выполнены тонкозернистым кремнистым агрегатом совместно с чешуйками серицита. Отмечаются регенерированные зерна (наибольшее их количество в песчаниках пласта $Б_{12}^2$ скважины 181), причем регенерации подвергается зерно не полностью, а чаще всего его отдельные участки, при этом образуются неровные и прерывистые каемки регенерации. Иногда материнское зерно и новообразованный кварц разделены пленкой лейкоксена (рис. 1, *А*). В отдельных случаях граница между обломочным кварцем и регенерационной каймой не фиксируется из-за одинаковой оптической ориентировки. Чаще же регенерация в свободном поровом пространстве протекает с формированием кристаллографических элементов – граней и ребер (рис. 1, *Б*).

Полевые шпаты (ПШ) представлены как калиевыми, так и натриевыми разностями. Зерна имеют прямоугольную и таблитчатую форму, иногда с четкими параллельными полисинтетическими двойниками у плагиоклазов и характерной решеткой у микроклина. ПШ часто подвержены изменениям (рис. 1, *В*): трещиноватости, коррозии, пелитизации, серицитизации, ожелезнению, лейкоксенизации. Вторичные продукты окрашивают зерна в сероватый или буроватый цвет, часто проникают в зерна по трещинкам спайности и двойниковым швам. При наличии кальцитового цемента ПШ часто интенсивно корродированы.

Калиевые ПШ присутствуют в подчиненном количестве. Часто представлены чистыми и пелитизированными микроклин-пертитами.

Среди плагиоклазов преобладают кислые разности. Степень сохранности зерен разная: часть сохранилась очень хорошо (чистые, не- или слабо замутненные продуктами вторичного преобразования); большинство же – в той или иной степени серицитизировано. Иногда по плагиоклазам более основного состава развивается хлорит, а в единичных случаях – соссюрит, степень сохранности плагиоклазовых индивидов при этом очень низкая. На поверхности обломков отмечается нарастание гидрослюды и (или) хлорита.

В составе *обломков пород* выделяются кремнистые, кремнисто-слюдистые, глинистые, слюдистые; основные, средние и кислые эффузивы. Отдельные разновидности содержатся в небольшом количестве (в среднем 3...5 %), содержание средних эффузивов достигает 10...15 % и только в песчаных

пластах скважины 182 их количество не превышает 7 %. В качестве примесей постоянно присутствуют слюды, хлорит, пирит и лейкоксен.

Кремнистые породы представлены микрокристаллическими кремнями, сложенными очень тонким агрегатом кварца микрогранобластового сложения. Иногда в них отмечается присутствие халцедоновидного кварца и, возможно, перекристаллизованных мелких органогенных остатков (круглые сечения, размером 0,01 мм, выполненные халцедоном). Также отмечаются микрокварциты с более ясно выраженным гранобластовым строением и кремнисто-слюдистые породы в виде агрегатов микрозернистого кварца и чешуек серицита, расположенных параллельно.

Кремнисто-слюдистые агрегаты распространены неравномерно, причем число их закономерно увеличивается в тех шлифах, где возрастает содержание кварца.

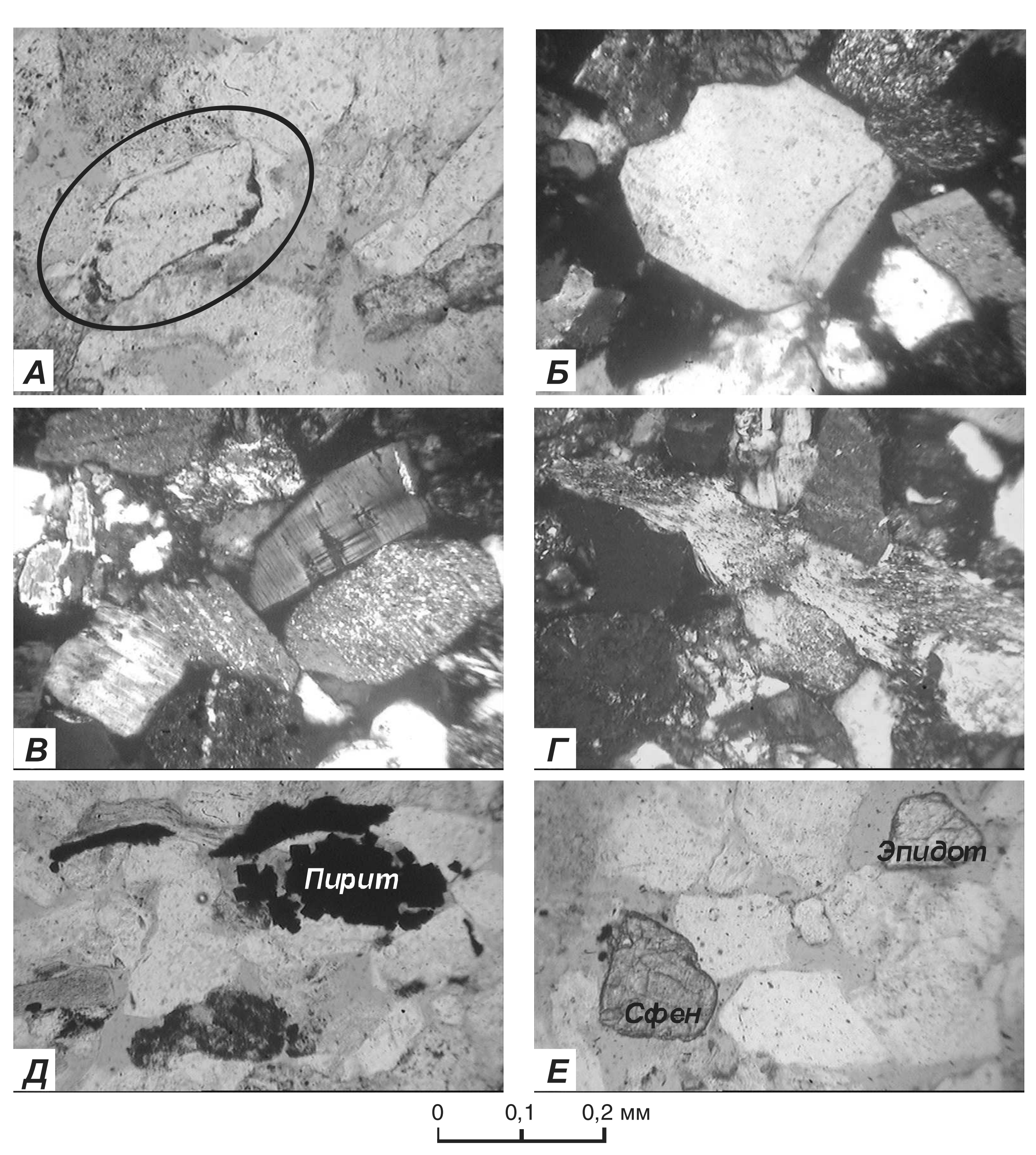


Рис. 1. *Особенности минералогического состава песчаных пластов Гураринского нефтяного месторождения: А) зерно кварца с каймой регенерации, представленной тонкодисперстным лейкоксеном. 1 николь, пласт $Б_{12}^2$, скв. 181, глубина 2143,7 м; Б) регенерация кварцевого зерна с формированием кристаллографических элементов. 2 николя, пласт $Б_{13}$, скв. 182, глубина 2176,4 м; В) вторичные изменения полевых шпатов. 2 николя, пласт $Б_{14}$, скв. 13, глубина 2247,4 м; Г) гидратизация биотита. 2 николя, пласт $Б_{12}^2$, скв. 13, глубина 2190,8 м; Д) включения кристаллов пирита кубической формы в зерно кварца. 1 николь, пласт $Б_{13}$, скв. 13, глубина 2217,8 м; Е) акцессорные минералы. 1 николь, пласт $Б_{12}^2$; скв. 13, глубина 2190,8 м*

Глинистые и *слюдистые* обломки, как правило, имеют прямоугольную форму и являются продуктами вторичного замещения ПШ. Слюдистые обломки состоят из тонких чешуек серицита, ориентированных параллельно друг другу, реже – взаимно перпендикулярных.

Эффузивы представлены в основном метаандезитами, сложенными разноориентированными, реже субпараллельно ориентированными лейстами плагиоклазов, промежутки между которыми выполнены хлоритом или смесью хлорита и лейкоксенизированного рудного материала. Часть обломков, вероятно, принадлежит эффузивам основного состава, так как в продуктах их вторичного изменения наряду с хлоритом, присутствует эпидот. Отдельные обломки эффузивов интенсивно лейкоксенизированы и ожелезнены и имеют грязно-бурую окраску. Реже отмечаются обломки кварцевых порфиров.

Гранитоиды представлены микропегматитами с незакономерным прорастанием кварца и полевого шпата. Встречаются обломки с мирмекитовым строением.

Слюды присутствуют в виде бесцветного мусковита и биотита, плеохроирующего от светлого и зеленовато-буроватого до темно-бурого цвета. Зачастую слюды гидратизированы, пластинки их расщеплены по краям (рис. 1, *Г*) и, в той или иной степени, замещены хлоритом. В отдельных зернах отмечаются включения рудного минерала и лейкоксена. Пластинки слюд ориентированы послойно, часто плотно прилегают друг к другу, образуя прерывистые и удлиненные агрегаты. Вместе с растительными остатками слюды создают микрослоистость, которая приурочена, в основном, к нижним частям пластов.

Хлорит наблюдается во всех шлифах в виде слабо плеохроирующих зерен ярко-зеленого и бледно-зеленого цвета.

Встречаются единичные зерна глауконита неправильной формы с ярко-зеленой окраской и полиагрегатным погасанием.

Пирит и *лейкоксен* присутствуют в небольших количествах в виде вкрапленников в обломочных зернах. Кроме того, лейкоксен может быть представлен тонкодисперсным рассеянным веществом, а пирит, как показано на рис. 1, *Д*, – отдельными кристаллами с квадратным сечением.

В породах отмечается обилие *акцессорных минералов* (рис. 1, *Е*) в виде отдельных крупных кристаллов (до 0,17 мм) и мелких включений в обломочные зерна. Сфен обычно неправильной формы, иногда окружен лейкоксеном. Эпидот и клиноцоизит, имеющие зеленоватую окраску и высокие цвета интерференции, развиваются по пироксенам и амфиболам. Часто встречаются их скопления по округло-неправильным реликтам разрушенных зерен. В шлифах присутствуют зерна граната, циркона, роговой обманки.

3. Типы цементации и строение пустотно-порового пространства

Цемент содержится в незначительных количествах (не более 10 %), распространен неравномерно, образуя различные типы цементации, обусловленные разным содержанием минеральных компонентов.

В основном преобладает пленочно-поровый тип цемента. Пленки вокруг зерен (толщиной 0,005...0,01 мм), как правило, выполнены чешуйками хлорита и гидрослюды (рис. 2, *А*), а также лейкоксеном. Иногда хлорит образует щеточки, состоящие из перпендикулярно ориентированных к поверхности обломков и плотно прилегающих друг к другу тончайших листочков (крустификационный цемент).

Поровый цемент представлен скоплениями зерен хлорита, слюдистой хлоритизированной или лейкоксенизированной массой, глинистым веществом, пиритом (иногда в виде мелких глобулей, рис. 2, *Б*).

В отдельных участках поровое пространство полностью заполнено кальцитом, интенсивно корродирующим зерна (рис. 2, *В*). При высоком содержании минерала образуется базальный цемент.

В бесцементных участках соединение обломков осуществляется способом приспособления и внедрения (рис. 2, *Г*). Наиболее часто образуются линейные контакты, реже – вогнутые и точечные.

Поровое пространство сформировано свободными от минерализации остаточными седиментогенными и, реже, внутризерновыми порами. Межзерновые поры имеют разнообразную форму, слабо извилистые границы и хорошую степень сообщаемости. В общем случае поры изометричны, по краям щелевидно выклиниваются или переходят в тонкие канальцы. Размеры межзерновых пор соизмеримы с размерами обломочных зерен и колеблются в широких пределах (0,05...0,86 мм).

Внутризерновая пористость, образованная при растворении калишпатов и плагиоклазов по спайности и двойниковым швам (рис. 2, *В*), а также при выщелачивании компонентов эффузивов и кремнистых пород, развита значительно реже. Образованные в этих случаях поры хорошо соприкасаются друг с другом, но мало способствуют улучшению коллекторских свойств пород в связи с резко подчиненным развитием (по сравнению с межзерновой пористостью) и незначительными размерами.

На рис. 3 графически показано распределение фильтрационно-емкостных параметров (ФЕС) в песчаных пластах $Б_{14}$, $Б_{13}$, $Б_{12}^3$ и $Б_{12}^2$ по разрезу скважины 13, в интервалах, где отбор керна составил 100 %. Местоположение образцов с повышенными значениями пористости и проницаемости соответствует отрицательной аномалии кривой ПС. Резкие падения пористости в таких участках объясня-

ются наличием карбонатного цемента. Иногда отмечается существенная разница в значениях проницаемости в образцах, изготовленных параллельно и перпендикулярно поверхности напластования, т.к. при наличии слоистости происходит запечатывание пустотного пространства скоплениями детрита, деформированными пластинками слюды, микроконкрециями пирита или тонкодисперсным глинистым и органическим веществом (рис. 4, *А*). При отсутствии или небольшом количестве этих компонентов повышенные значения проницаемости обусловлены ориентированным расположением обломочных зерен параллельно поверхности напластования, неплотным их примыканием друг к другу.

Органические остатки представлены как фюзенизированным (черным) и гелефицированным (красным) растительным детритом, так и фрагментами фауны, выполненными кальцитом или пиритом (рис. 4, *Б, В, Г*).

Выводы

В результате проведенных исследований установлены следующие закономерности изменения литолого-петрографического состава песчаников по пластам $Б_{14}$, $Б_{13}$, $Б_{12}$ и $Б_{11}$ Гураринского месторождения.

1. Песчаники пластов $Б_{14}$ и $Б_{13}$ имеют мелкозернистый состав, при этом размерность зерен увеличивается снизу вверх по разрезу. Пласты $Б_{12}^3$, $Б_{12}^2$ и $Б_{12}^1$ сложены среднезернистыми песчаниками. Наибольшие значения медианных диаметров приурочены к песчаникам пласта $Б_{12}^2$ скважин 181 и 13. В этих песчаниках отмечается наилучшая сортировка и окатанность зерен. В целом, изменения размеров зерен по разрезу соответствует конфигурации кривой ПС.
2. Песчаники имеют смешанный минералогический состав с равным содержанием кварца и обломков пород и преобладанием ПШ. В мелкозернистых песчаниках доля кварца несколько увеличивается. В составе обломков пород пре-

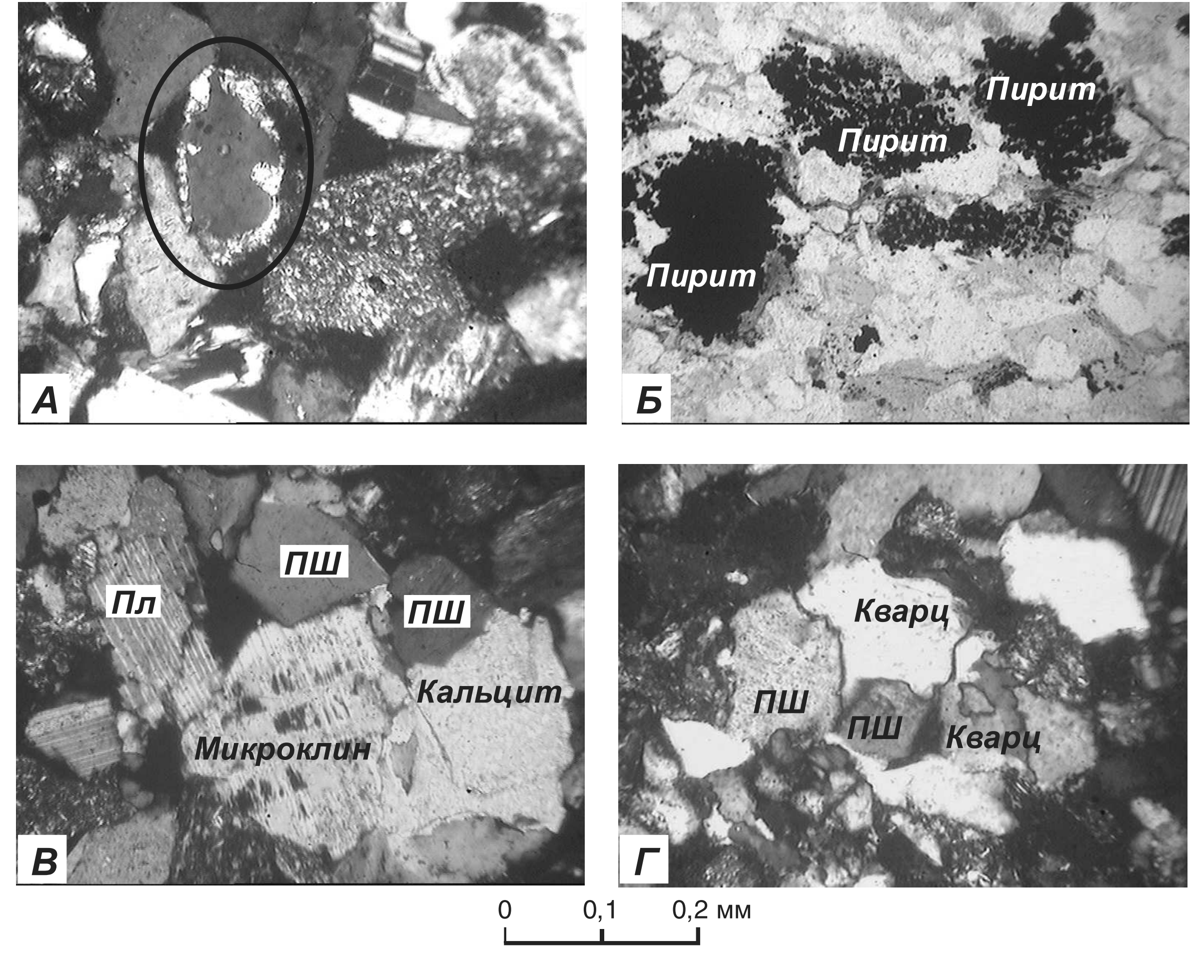


Рис. 2. *Типы цементации и строение пустотного пространства в песчаных пластах Гураринского нефтяного месторождения: А) зерно кварца с пленочным гидрослюдистым цементом. 2 николя, пласт* $Б_{12}^2$*, скв. 13, глубина 2190,8 м; Б) неравномерное заполнение пор микроконкрециями пирита. 1 николь, пласт* $Б_{11}^2$*, скв. 181, глубина 2122,0 м; В) пористость межзерновая, внутризерновая за счет растворения микроклина, и по трещинам — зерно плагиоклаза (Пл). Зерно полевого шпата, корродированное кальцитовым цементом (справа). 2 николя, пласт* $Б_{13}$*; скв. 13, глубина 2112,85 м; Г) бесцементное соединение зерен кварца и полевых шпатов (ПШ) способом внедрения и приспособления. 2 николя, пласт* $Б_{12}^1$*; скв. 182, глубина 2143,1 м*

обладают эффузивы, а среди них – средние. Из второстепенных минералов во всех шлифах наблюдаются слюды и хлорит, спорадически присутствуют глауконит, пирит и лейкоксен. Акцессорные минералы составляют сфен – клиноцоизит – эпидотовый комплекс.

3. Вторичные изменения, положительно влияющие на коллекторские свойства пород, проявились в растворении зерен ПШ по спайности и двойниковым швам, а также в выщелачивании компонентов эффузивов и кремнистых пород. Регенерация зерен кварца, новообразования инкрустационного хлорита, пленочной гидрослюды, сыпи пирита, а также уплотнение уменьшают объем порового пространства и, следовательно, снижают ФЕС песчаных пород.

4. Песчаники отличаются, как правило, невысоким содержанием цемента, основными компонентами которого являются хлорит, слюдистые агрегаты, а также гидрослюды и неразделенный глинистый материал. Тип цементации пленочно-поровый, участками поровый, в единичных образцах – базальный коррозионный.

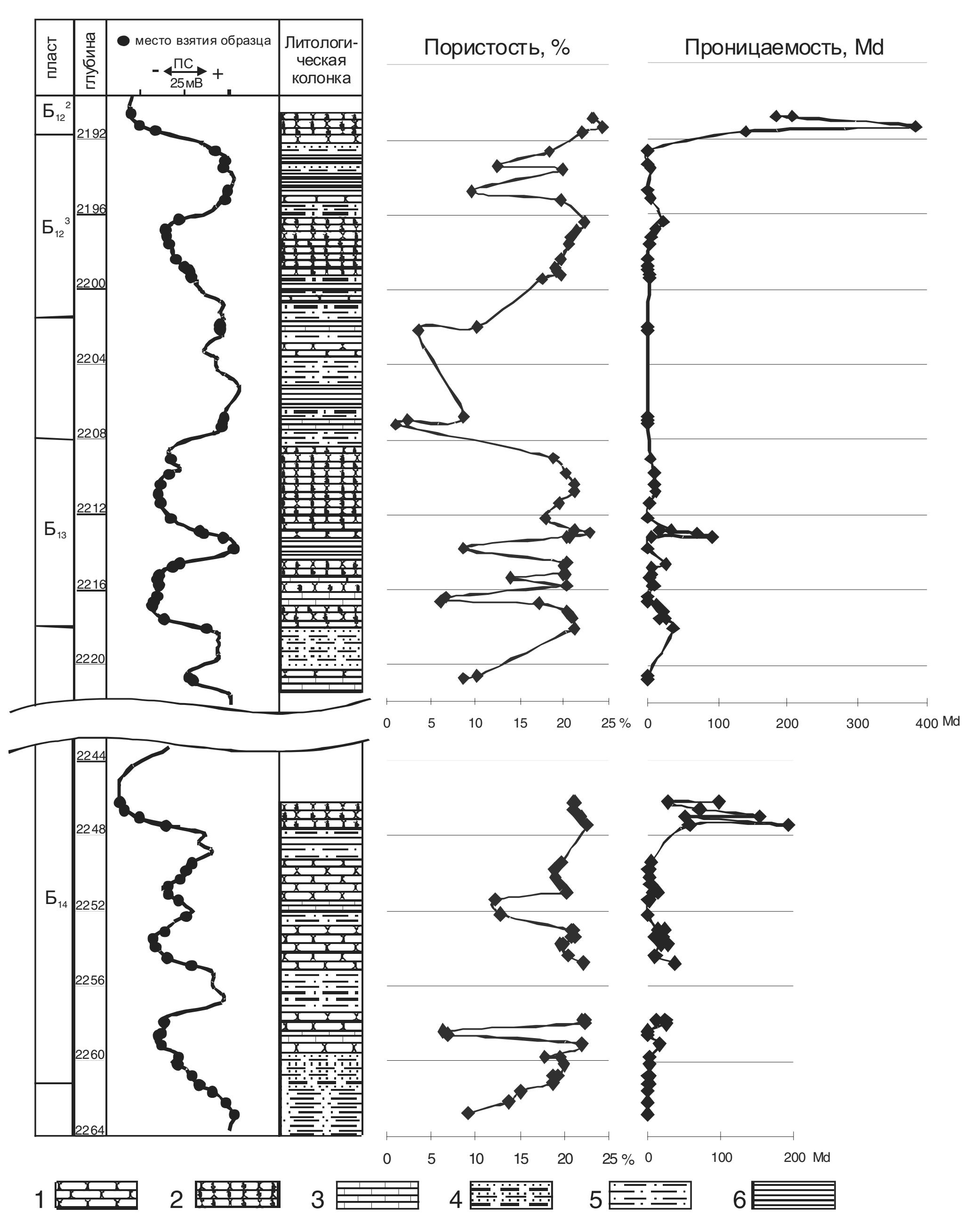


Рис. 3. Изменение пористости и проницаемости по разрезу скв. 13 в песчаных пластах Б14, Б13, Б12 Гураринского нефтяного месторождения: 1) песчаник; 2) песчаник с нефтегазопроявлениями; 3) песчаник с карбонатным цементом; 4) переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов; 5) алевролиты; 6) аргиллиты

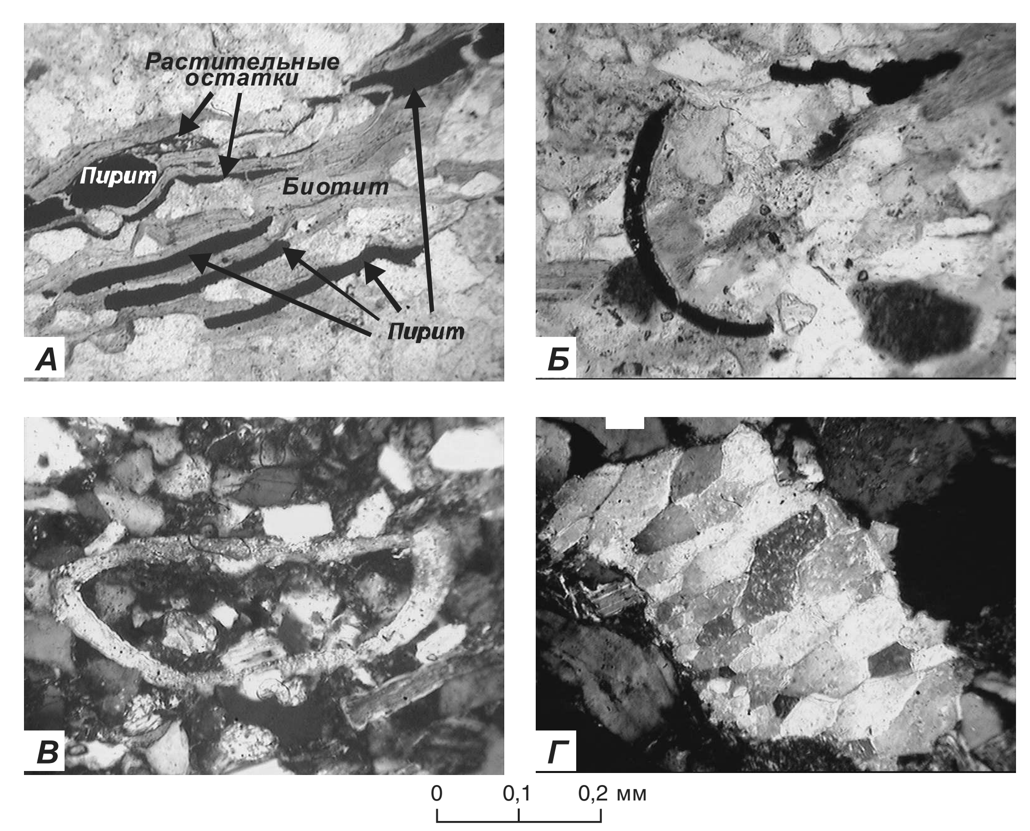


Рис. 4. *Органические остатки в песчаных пластах Гураринского нефтяного месторождения: А) послойное распределение слюд, пирита и растительных остатков. 1 николь, пласт $Б_{12}^1$, скв. 181, глубина 2133,3 м; Б) псевдоморфозы пирита по органическим остаткам. 1 николь, пласт $Б_{12}^2$, скв. 13, глубина 2193,8 м; В) остаток фауны, выполненный кальцитом. 2 николя, пласт $Б_{12}^2$, скв. 13, глубина 2193,8 м; Г) остаток фауны, замещенный крупнокристаллическим кальцитом. 2 николя, пласт $Б_{13}$; скв. 13, глубина 2215,2 м*

5. Пустотное пространство в песчаниках сформировано седиментогенными межзерновыми, реже внутризерновыми порами.
6. В образцах, изготовленных параллельно и перпендикулярно поверхности напластования, фиксируются резкие отличия в значениях проницаемости, обусловленные распределением пустотно-порового пространства.
7. Формирование песчаников происходило в мелководно-морском бассейне при активной волновой деятельности, которая способствовала улучшению сортировки и окатанности обломочного материала. Эти условия особенно проявились в сводовой части, что указывает на конседиментационный рост структуры. Активизация гидродинамики и усиление поступления обломочного материала происходили в период формирования комплекса пластов $Б_{12}$. Эти факторы обусловили образование в песчаниках пустотного пространства с хорошими емкостно-фильтрационными свойствами.
8. Наблюдается хорошо выраженная зависимость ФЕС от гранулометрического состава, сортировки обломочного материала и содержания цемента, а также отмечается сходимость результатов аналитических данных лаборатории физики пласта и микроскопических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черников О.А. Комплекс методов количественного изучения песчано-алевритовых пород в связи с оценкой их коллекторских свойств // Литологические исследования пород-коллекторов в связи с разведкой и разработкой нефтяных месторождений. — М.: Наука, 1970. — С. 26—48.
2. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических изменений. — М.: Недра, 1992. — 126 с.
3. Перозио Г.Н. Эпигенез терригенных осадочных пород юры и мела центральной и юго-восточной частей Западно-Сибирской низменности. — М.: Недра, 1971. — 118 с.
4. Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород. — М.: Недра, 1966. — Т. 1. — 424 с.; Т. 2. — 272 с.
5. Рухин Л.Б. Основы литологии. — М.: Недра, 1969. — 779 с.
6. Юбельт Р., Шрайтер П. Определитель горных пород. — М.: Мир, 1977. — 236 с.